

几种淡水小环藻数值分类的初步研究

齐雨藻 林兰英 张子安

分类学曾经对于科学和生产的发展起过巨大的推动作用。硅藻分类学及区系学的研究,随着它在生物进化、地层学、生态学及环境科学等方面日益增长的作用而赋有新的意义。

硅藻的新属、新种与日俱增,分类文献浩如烟海,因而准确的分类也日益耗时费力。如何精确、客观以及快捷地开展硅藻区系分类研究,方法的改进十分重要。在分类学研究中,既应保留传统的有效的原则,又应积极采用新的方法,如生化分析方法,电镜,特别是扫描电镜(SEM)的分析,数值分类,电子计算机分类等新技术和新方法。数值分类,特别是电子计算机分类在近年来蓬勃发展。在第12届国际植物学大会上,Perring⁽¹⁾指出:现在,当分类学的意义被重新认识的时候,当我们感到熟练的分类学工作者不足的时候,在这个领域应用计算机比什么都重要;因为它可以使植物学家的实践经验更有效的发挥,并使分类学的工作更富成果。

硅藻中心目(Centrales)中小环藻属(*Cyclotella*)1934年已报导有60种⁽²⁾,近年Van Landingham⁽³⁾报告现存及化石小环藻有104种,其中淡水种类也有60种之多。我国藻类学工作者经近几年的工作已初步鉴定近50多种和变种的淡水小环藻。

小环藻属(*Cyclotella* Kützing, 1834)体型微小,最小的如*Cy. caspia* Grun.已报告⁽⁴⁾其直径仅2.8微米。在分类上主要以壳体波曲状况,瓣面边缘区线纹的数量(10 μ 中)及长短、孔(突)分布情况,中央区结构等为依据。由于个体微小,常分辨困难,它们的类缘关系也颇难断言。Lowe⁽⁵⁾曾根据支持突和唇形突的电镜研究,把9种小环藻分成3类。但究竟如何全面的分析它们的关系,我们以为还应作综合的研究。

本文试将我国已发表的11种小环藻,应用数值分类方法对它们的特征及类群关系作一初步研究。这是近十几年来才发展起来的一种比较简单的方法⁽⁷⁻⁹⁾。

11种小环藻列名于下(为了方便,每种用缩写字母表示):

- (1) 中平小环藻 *C. kützingiana* Thwaites 1848 (K)
- (2) 科曼小环藻 *C. comensis* Grun. 1881 (C)
- (3) 眼纹小环藻 *C. ocellata* Pant. 1912 (O)

• 本文承蒲螯龙教授热忱帮助,黄奕华同志协助作过部分运算,

- (4) 微小环藻 *C. caspia* Grun. 1878 (A)
 (5) 孟氏小环藻 *C. meneghiniana* Kütz. 1844 (M)
 (6) 星条小环藻 *C. stelligera* Cl et Grun. 1880 (S)
 (7) 花环小环藻 *C. operculata* (Ag.) Kütz. 1834 (E)
 (8) 扭曲小环藻 *C. comta* (Ehr.) Kütz. 1849 (T)
 (9) 蹄纹小环藻 *C. antiqua* W. Sm. 1853 (Q)
 (10) 条纹小环藻 *C. striata* (Kütz.) Grun. 1880 (R)
 (11) 团小环藻 *C. glomerata* Bachmann 1911 (G)

对小环藻属各种的特征,只取共有的一些形态组对,加以分析,我们按非此即彼或有与无分别标以1和0,对于多项特征(multistate),如 10μ 中的线纹数,顺序编成0,1,2,3,4。处理后封片的小环藻特征简单,共选用15个特征组和一个多项特征组。

小环藻特征编组如下:

①藻类单生或成群体;②壳体切向波曲或同心波曲;③壳面中心区有无蹄纹;④壳面边缘区线纹等长或不等长;⑤边缘区线纹有无阴线;⑥边缘线上有无环突;⑦边缘线纹末端有无游离点;⑧边缘线相间有无短线纹,其末端有无游离点;⑨壳体边缘有无刺;⑩壳体中央区圆或不圆;⑪中央区有结构或平滑;⑫中央区有一个点或有多数分散点;⑬中央区有无放射点纹;⑭中央区有无乳突(大圆孔);⑮中央区有无星状纹。⑯ 10μ 中线纹数:8—9条/10微米—0;10—12条/10微米—1;12—15条/10微米—2;16—21条/10微米—3;及20—25条/10微米—4。

将上述编组,根据各种特征排成表(表1)。表中横向排列由左向右依次为各项特征,共16项,纵向依次排列为11个种。本项内容简单,我们用TD—12A台式电子计算器处理。

表1 小环藻各种特征编组表

1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4
1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2
1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	3
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2

然后, 各种两两相比较求其相似百分比(s)。其计算公式如下:

$$S = \frac{n_s}{n_s + n_d}$$

n_s 是两个种都共有的特征数, n_d 是一个种具有而另一个种不具有的特征数。计算结果见表 2

表 2

K	C	O	A	M	S	E	T	Q	R	G	
	•69	•69	•69	•63	•56	•63	•31	•50	•63	•56	K
		•75	•75	•56	•69	•69	•63	•63	•56	•50	C
			•69	•50	•63	•69	•59	•63	•81	•63	O
				•75	•75	•88	•63	•75	•75	•69	A
					•69	•69	•44	•56	•69	•63	M
						•69	•63	•69	•69	•75	S
							•56	•69	•75	•69	E
								•75	•56	•50	T
									•69	•63	Q
										•69	R
											G

由表 2 可见共得 54 个单连锁数据(The values of single linkage), 即 54 个相似百分数 (s 值)。如果在组合矩阵中其间的相似性是最高的话, 那么, 其中两个分类操作单位(OTU'S)就联成一个组群。

根据所得的单锁值, 小环藻各种的关系如下:

- 0.88 A-E
- 0.81 R-O
- 0.75 RO-C-K
- AE-MSQ-SG

在我们的这个分析中可以看出, 用单连锁群分析法可以分出一些相近的种类群, 如微小环藻(*C. caspia*)同花环小环藻(*C. operculata*)以及眼纹小环藻(*C. ocellata*)同条纹小环藻(*C. striata*)和科曼小环藻(*C. comensis*)等, 他们的相似百分比最高。但是, 由于下述原因, 这种方法并不实用于特征简单的种类的分析, 即本文中用于作数值分析的特征组对太少, 在我们的这项分析中仅 16 对特征, 一般说来要 50 对以上的特征组才更宜于分出它们之间的关系。因此, 如果使用电子计算机或用其他简单方法开展数值分类宜更多的分列各种特征, 如生态、生理、电镜分析结果等, 有了大量供比较的特征才能更准确的比较它们的相似关系。

我们进一步应用“分类分析方法”(Taxonomic analysis method)⁽¹⁰⁾对小环藻属各种进行分类关系的分析。这种方法较为简单, 可以用台式或袖珍电子计算

机运算。

首先,把上述11种小环藻的特征用数字及字母编码列表(如表3)其中10 μ 中线纹数组成为一对,即8-12条/10 μ 与13-25条/10 μ 两种情况。

表3 小环藻属特征编组

A—藻体单生	a—藻体成链
B—切向波曲	b—同心波曲
C—有马蹄纹	c—无马蹄纹
D—边线等长	d—边线不等长
E—边线有阴线	e—边线无阴线
F—边缘线上有环突	f—边缘线上无环突
G—边线末端有圆点	g—边线末端无圆点
H—边线相间有短线	h—边线无此结构
I—边缘有刺	i—边缘无刺
J—中央区圆	j—中央区不圆
K—中央区有结构	k—中央区平滑
L—中央区有一个点	l—中央区有少数分散点
M—中央区有放射点	m—中央区无放射点
N—中央区有乳突(大圆孔)	n—中央区无乳突。
O—中央区有星状纹	o—中央区无星状纹
P—线纹8-12条/10 μ	p—线纹13-25条/10 μ

其次,将该属各种特征按等模态分布加以排列,并加成对特征按等量衡重原则加以计算(见表4)。

根据表3、4计算小环藻属各种的分类学关系。两个种的分类学关系按下述公式计算:

$$t_{xy} = \frac{1}{n} \sum w_i$$

此处, n 为特征数, w_i 为相符和不相一致的特征的衡重值。则本公式可读为种类 x 与 y 的关系 (t) 为特征数分之一乘以相符与不相符特征等量衡重的总和 ($\sum w_i$)。这个公式基本是与前项相似百分比 (s) 的公式意义一致的。

比较任两个种类时,会出现正值特征(为大写字母)相符,或负值特征(小写字母)相符,以及特征不符三种情况。如第1种,中平小环藻(*C. kutzingiana*)(K)与第2种,科曼小环藻(*C. comensis*)(C)加以比较:

K: A B c d e f g h I j k l m n o P

C: A B c d e f g h i j K l M n o p

这里,正值特征 A、B 相符,负值特征 c、d、e、f、g、h、j、l、n、o 相一致,而 I、K、M、P 特征不相符,在此基础上,进一步将相符特征 (W_{aa} 及 W_{aa}) 平均衡重。根据

表 4 小环藻属的各类分析

种类特征	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	分布型	衡 重	
													W _{AA}	W _{aa}
Aa	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	a	10A+1a	0.100	10.00
Bb	B	B	b	B	B	b	B	b	b	b	b	5B+6b	1.200	0.83
Cc	c	c	c	c	c	c	c	c	C	c	c	1C+10c	10.000	0.100
Dd	d	d	d	D	D	D	D	D	D	D	D	8D+3d	0.375	2.667
Ee	e	e	e	e	e	e	e	E	E	e	e	2E+9e	4.500	0.222
Ff	f	f	f	f	f	f	F	f	f	f	f	1F+10f	10.000	0.100
Gg	g	g	g	g	g	g	G	g	g	g	g	1G+10g	10.000	0.100
Hh	h	h	h	h	h	h	H	h	h	h	h	1H+10h	10.000	0.100
Ii	I	i	i	i	I	i	i	i	i	I	i	3I+8i	2.667	0.375
Jj	j	j	j	J	J	J	J	J	J	J	J	8J+3j	0.375	2.667
Kk	k	K	K	K	K	K	K	K	K	K	k	9k+2k	0.222	4.500
Ll	l	l	l	l	L	l	l	l	l	l	l	1L+10l	10.000	0.100
Mm	m	M	m	m	m	M	m	M	m	m	m	2M+9m	2.667	0.375
Nn	n	n	N	n	n	n	n	n	n	N	n	2N+9n	4.500	0.222
Oo	o	o	o	o	O	O	o	o	o	o	O	3O+8o	2.667	0.375
Pp	P	p	p	p	P	P	p	p	p	P	p	4P+7p	1.750	0.571

Смирнов(1969)不相符特征的衡重值总是 -1。相符特征的衡重按公式 $W_{AA} = \frac{a}{A}$

以及 $W_{aa} = \frac{A}{a}$ 加以计算, 如表 4。在表中, 相符特征 A: $W_{AA} = \frac{1}{10} = 0.100$,

$W_{aa} = \frac{10}{1} = 10.00$, 在比较 *K(C.kutzingiana)* 与 *C(C.comensis)* 时,

$$t_{kc} = \frac{1}{16} (0.1 + 1.2 + 0.1 + 2.667 + 0.222 + 0.1 + 0.1 + 0.1 - 1 + 2.667 - 1 + 0.1 - 1 + 0.222 + 0.375 - 1) = +0.2470$$

从所得数值为 +0.2470 来看, 这两个种是相当近似的。

把小环藻 11 个种的分类特征彼此都相比较, 共 121 项, 列矩阵表如表 5。

综上观之, 科曼小环藻 (*C.comensis*) 与眼纹小环藻 (*C.ocellata*) 最为相近 (0.2936), 其次是中平小环藻 (*C.kutzingiana*) 与科曼小环藻 (*C.comensis*) 其相关值为 +0.2470, 再次, 微小小环藻 (*C.caspiq*) 与花环小环藻 (*C.operculata*) 的相关值为 +0.2382, 而蹄纹小环藻 (*C.antiqua*) 与扭曲小环藻 (*C.comta*) 的正相关值为 +0.2280。这几个种类可组成一个类群。

而从负相关的角度分析, 中平小环藻与扭曲小环藻相差最大 (-0.5626), 扭曲小环藻与孟氏小环藻相差亦较大 (-0.4691)。

5 表

	1	2	8	4	5	6	7	8	9	10	11
1	+1.0778	+0.2470	+0.1191	-0.1253	-0.0222	-0.2628	-0.0222	-0.5626	-0.4080	+0.0618	-0.0738
2	+0.2470	+0.7367	+0.2936	+0.0491	-0.2896	+0.1286	-0.0195	-0.0730	-0.2334	-0.3488	-0.3193
3	+0.1191	+0.2936	+0.8379	-0.0787	-0.4175	-0.2342	-0.1475	-0.2640	-0.1093	+0.1954	-0.1592
4	-0.1253	+0.0491	-0.0787	+0.3070	-0.0318	-0.1005	+0.2382	-0.1303	+0.0243	-0.0910	-0.0615
5	-0.0222	-0.2896	-0.4175	-0.0318	+1.2859	+0.1458	-0.1005	-0.4691	-0.3144	+0.1553	-0.9852
6	-0.2628	+0.1286	-0.2342	-0.1005	+0.1458	+0.6442	-0.1693	-0.0293	-0.1311	+0.0173	+0.0980
7	-0.0222	-0.0195	-0.1475	+0.2382	-0.1005	-0.1693	+0.9257	-0.1990	-0.0443	-0.1597	-0.1103
8	-0.5626	-0.0730	-0.2640	-0.1303	-0.4691	-0.0293	-0.1990	+1.9321	+0.2280	-0.1998	-0.1701
9	-0.4080	-0.2334	-0.1093	+0.0243	-0.3144	-0.1311	-0.0443	+0.2280	+1.1701	-0.1215	-0.0921
10	+0.0618	-0.3488	+0.1954	-0.0910	+0.1553	+0.0173	-0.1597	-0.1998	-0.1215	+0.7683	-0.2075
11	-0.0738	-0.3193	-0.1952	-0.0615	-0.0852	+0.0980	-0.1303	-0.1704	-0.0921	-0.2075	+1.3134
Σ	+0.0576	+0.1714	-0.0004	-0.0005	-0.1433	+0.1067	+0.1716	+0.0526	-0.0317	+0.0698	+0.0761

根据这一结果,我们以为:中平小环藻(*C. kutziana*),科曼小环藻(*C. comensis*),眼纹小环藻(*C. ocellata*)与条纹小环藻(*C. striata*)似乎可以组成一个相近的类群,微小环藻(*C. caspia*)与花环小环藻(*C. operculata*)是另两个相近的种类,其他各种为更为相近另一类群。

这一结果与用相似百分比的方法所得的结果颇相近似,特别是把相距较远的种类相比时,按第一项方法,中平小环藻与扭曲小环藻的相似百分数最小(0.31),其次是扭曲小环藻与孟氏小环藻(0.44)。

讨 论

1、应用数学方法研究藻类类群关系是一项客观、精确而又快捷的方法。

2、对于特征较为简单的如硅藻中小环藻属(*Cyclotella*)一类的藻类,用相似百分数应用电子计算机或其他方法结果不够理想,其类缘关系表达不清,但是能增加特征组数(使达50对以上)也可以应用,象硅藻中舟形藻属(*Navicula*)近千种之多,采用电子计算机进行分类研究是极有必要的。

3、分类分析方法(*Taxonomic analysis method*)适于特征组较少,而又可手算(用台式电子计算机),其结果与按相似百分数所得结果相似,且可分辨每个种的关系。

参 考 文 献

- [1] XII Международный Ботанический Конгресс (Ленинград, 1975 г.). Ботан. ж., 61 (1976), 6, 770.
- [2] Mills, F. W., *An Index to the Genera and Species of the Diatomaceae*, Wheldon and Wesley, London, 1934, 520-534.
- [3] Van Landingham, S. L., *Catalogue of the Fossil and Recent Genera and Species of Diatoms and their Synonyms I*, Verlag Von J. Cramer, 1969, 1098-1130.
- [4] 齐雨藻、張子安, 扫描电子显微镜下的硅藻分类研究, 植物分类学报, 15 (1977), 2, 113-120.
- [5] Lowe, Rex L., Comparative ultrastructure of the valves of some *Cyclotella* species (Bacillariophyta), *J. Phycol.*, 11 (1975), 415-424.
- [6] Sneath, P. H. A., The application of computers to taxonomy, *J. Gen. Microbiol.*, 17 (1957), 201.
- [7] Beers, R. J. & Lockhart, W. R., Experimental methods in computer taxonomy, *Ibid.*, 28(1962), 633-640.
- [8] Beers, R. J., June Fisher, Sally Megvaw & Lockhart W. R., A comparison of methods for computer taxonomy, *Ibid.* 28 (1962), 641.
- [9] Pankhurst, R. J. (ed.), *Biological identification with computers*, The systematics association special volume No. 7, Academic Press, 1976, 1-333.
- [10] Смирнов, Е. С., Таксономический анализ, 1969. (根据引用文献, 未見原文)。

Preliminary Studies on Numerical Taxonomy of Several Fresh-water *Cyclotella* (Centrales, Bacillariophyta)

Qi Yuzao Lin Lanying Zhang Zian

abstract

The numerical taxonomical method was used in the present work to investigate eleven Chinese diatom of Genus *Cyclotella* which are: *Cyclotella Kuetzingiana*, *C. comensis*, *C. ocellata*, *C. caspia*, *C. meneghiniana*, *C. stelligera*, *C. operculata*, *C. comta*, *C. antiqua*, *C. striata* and *C. glomerata*. In the analysis 15 couples of characteristic groups and one multistate group were adapted.

The investigation shows that the method of using a single linkage group in the analysis will correctly divide the groups of *Cyclotella* and fully illustrate their relationship. However it has to be pointed out that better results could have been obtained if more characteristic groups had been used.

The taxonomical method (E. S. Smirnov, 1969) was also used to show the relationship among the species of *Cyclotella* in their numerical aspect. The results thus secured are the same as when the single linkage analysis method is used.